

明 細 書

内燃機関の吸入空気量推定装置

技術分野

本発明は、内燃機関の吸入空気量推定装置に関する。

背景技術

正確な空燃比制御を実現するためには、実際に気筒内へ供給された吸入空気量に対して燃料噴射量を決定しなければならない。吸入空気量を検出するために、一般的には、機関吸気系にエアフローメータが配置されているが、エアフローメータは応答遅れを有しているために、機関過渡時となると吸入空気量の正確な検出は不可能である。それにより、機関過渡時を含めて計算により吸入空気量を推定することが提案されている（例えば、特開 2002-130039 号及び特開 2002-201998 号参照）。

吸入空気量の推定には、スロットル弁をモデル化し、スロットル弁上流側の吸気圧とスロットル弁下流側の吸気圧との違いに基づきスロットル弁を通過する空気量を算出することが必要とされる。このスロットル弁通過空気量の算出に際して、前述の従来技術では、スロットル弁下流側の吸気圧、すなわち、吸気管圧力は変化させているが、スロットル弁上流側の吸気圧は大気圧としているために、正確なスロットル弁通過空気量が算出されない。それにより、正確な吸入空気量を推定することができない。

発明の開示

従って、本発明の目的は、従来に比較して正確な吸入空気量の推

定を可能とする内燃機関の吸入空気量推定装置を提供することである。

本発明による請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする。

スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、機関吸気系におけるスロットル弁上流側の圧損があるために、実際的には大気圧と異なるものである。それにより、請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されるようにしている。

また、本発明による請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 1 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする。

また、本発明による請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 2 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算

出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする。

前回算出されたスロットル弁通過空気量に基づく今回の上流側吸気圧は、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量は、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量より真値に近い。従って、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差は前回のスロットル弁通過空気量の算出誤差と考えることができる。こうして、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、今回の上流側吸気圧と今回の下流側吸気圧とを使用して算出された今回の前記スロットル弁通過空気量を、前回の仮のスロットル弁通過空気量と前回のスロットル弁通過空気量との差により補正している。

また、本発明による請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を算出し直すことを特徴とする。請求項 4 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置では、真値に近い前回の仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回のスロットル弁通過空気量を算出し直している。

また、本発明による請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記下流側吸気圧と前記上流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする。

また、本発明による請求項 6 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置は、請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明による吸入空気量推定装置が取り付けられる内燃機関の概略図であり、

図 2 は、スロットル弁開度 $T A$ と流量係数 μ との関係を示すマップであり、

図 3 は、スロットル弁開度 $T A$ とスロットル弁の開口面積 A との関係を示すマップであり、

図 4 は、吸気管圧力 $P m$ と上流側吸気圧 $P a c$ との比と、関数 Φ との関係を示すマップであり、

図 5 は、吸入空気量を算出するためのフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

図 1 は、本発明による吸気量推定装置が取り付けられる内燃機関

を示す概略図である。同図において、1は機関本体であり、2は各気筒共通のサージタンクである。3はサージタンク2と各気筒とを連通する吸気枝管であり、4はサージタンク2の上流側の吸気通路である。各吸気枝管3には燃料噴射弁5が配置され、吸気通路4におけるサージタンク2の直上流側にはスロットル弁6が配置されている。スロットル弁6は、アクセルペダルに連動するものでも良いが、ここではステップモータ等の駆動装置によって自由に開度設定可能なものとしている。7は吸気通路4のスロットル弁6より上流側の吸気圧を検出するための圧力センサである。この上流側吸気圧は、機関吸気系の最上流部に設けられているエアクリーナ11の圧損があるために、機関運転中においては大気圧より低い圧力となっている。

内燃機関1における燃焼空燃比を、例えば、理論空燃比等の所望空燃比にするためには、機関過渡時を含めて気筒内へ流入した吸入空気量を正確に把握しなければならない。本実施形態においては、機関吸気系を以下のようにモデル化して吸入空気量を推定するようにしている。

まず、スロットル弁6をモデル化することにより、吸気がスロットル弁6を通過する際のエネルギー保存則、運動量保存則、及び、状態方程式を使用して、今回のスロットル弁通過空気量 $m_t(i)$ (g/s) が、次式(1)によって表される。以下の式を含めて、スロットル弁通過空気量等の変数の添え字 (i) は今回 (現在) を示し、($i-1$) は前回を示している。

$$m_{t(i)} = \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{ac(i)}}{\sqrt{R \cdot T_{a(i)}}} \cdot \Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(1)$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{a0}}{\sqrt{R \cdot T_0}} \cdot \sqrt{\frac{T_0}{T_{a(i)}}} \cdot \frac{P_{ac(i)}}{P_{a0}} \cdot \Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(1)'$$

$$= \mu_{(i)} \cdot A_{(i)} \cdot \frac{P_{a0}}{\sqrt{R \cdot T_0}} \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(1)''$$

$$= F(T_{a(i)}) \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(1)'''$$

ここで、 $\mu_{(i)}$ は流量係数であり、 $A_{(i)}$ はスロットル弁 6 の開口面積 (m^2) である。もちろん、機関吸気系にアイドルスピードコントロールバルブ (ISC 弁) が設けられている時には、 $A_{(i)}$ には、ISC 弁の開口面積が加えられる。流量係数及びスロットル弁の開口面積は、それぞれがスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ (度) の関数となっており、図 2 及び 3 には、それぞれのスロットル弁開度 TA に対するマップが図示されている。R は気体定数であり、 T_a はスロットル弁上流側の吸気温度 (K) であり、 $P_{ac(i)}$ はスロットル弁より上流側の上流側吸気圧 (kPa) であり、 $P_{m(i)}$ はスロットル弁下流側の吸気管圧力、すなわち、下流側吸気圧 (kPa) である。また、関数 Φ に関しては後述する。

ところで、式(1)は、スロットル弁上流側の吸気温度の標準値 T_0 と、上流側吸気圧の標準値 P_{a0} とを使用して式(1)'のように置き換えることができる。吸気温度の標準値 T_0 を現在の吸気温度 T_a へ変換するための補正項を第 1 補正項 k_{tha} とし、上流側吸気圧の標準値 P_{a0} を現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ へ変換するための補正項を第 2 補正項 k_{pac} とすれば、式(1)'は式(1)''のように置き換えることができる。さらに、式(1)''は、スロットル弁開度 $TA_{(i)}$ だけを変数とする関数 $F(TA_{(i)})$ と、関数 Φ と、第 1

補正項 k_{tha} と、第 2 補正項 k_{pac} との積の形とした式(1)'''
のように置き換えることができる。このように、式(1)を置き換える
ことによって、関数 F のマップ化は容易であり、スロットル弁通
過空気量 $m_{t(i)}$ を簡単に算出することができる。

ここで、関数 F は、スロットル弁の開口面積 $A_{(i)}$ だけを変数と
する関数に置換しても良い。現在の第 1 補正項 $k_{tha(i)}$ の算出
に使用される現在のスロットル弁上流側の吸気温度 $T_{a(i)}$ は、吸
気通路 4 のスロットル弁 6 の上流側に温度センサ（図示せず）を配
置して、この温度センサにより検出することが好ましいが、この吸
気温度は、エアクリーナ 11 の圧損とは無関係に外気温度とほぼ等
しいと考えることができ、外気温度センサにより検出された外気温
度を吸気温度として使用しても良い。

一方、上流側吸気圧は、刻々変化するために、スロットル弁通過
空気量 m_t を算出する毎に圧力センサ 7 によって現在のの上流側吸気
圧 $P_{ac(i)}$ を検出し、これを第 2 補正係数 $k_{pac(i)}$ の算出に使用
することが好ましい。

関数 $\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)})$ は、比熱比 κ を使用して次式(2)
によって表されるものであり、図 4 には P_m/P_{ac} に対するマッ
プが図示されている。

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \leq \frac{1}{\kappa + 1} \text{の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) = \sqrt{\frac{\kappa}{2 \cdot (\kappa + 1)}} \quad \dots(2)$$

$$\frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} > \frac{1}{\kappa + 1} \text{の場合}$$

$$\Phi(P_{m(i)}/P_{ac(i)}) = \sqrt{\left\{ \frac{\kappa - 1}{2 \cdot \kappa} \cdot \left(1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right) + \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right\} \cdot \left(1 - \frac{P_{m(i)}}{P_{ac(i)}} \right)}$$

ところで、式(1) (又は式(1)''') 及び式(2)において、上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ は、圧力センサ 7 を使用しないで算出することも可能である。大気圧 P_a と上流側吸気圧 P_{ac} との差は、ベルヌーイの定理により、次式(3)のように表すことができる。

$$P_a - P_{ac} = \frac{1}{2} \rho v^2 = k \frac{Ga^2}{\rho} \quad \dots(3)$$

$$= \frac{k}{\rho_0} \cdot Ga^2 \cdot \frac{1}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(3)'$$

$$= \frac{f(Ga)}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(3)''$$

$$P_{ac(i)} = P_a - \frac{f(Ga_{(i)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(4)$$

$$= P_a - \frac{f(mt_{(i-1)})}{ekpa \cdot ektha} \quad \dots(4)'$$

ここで、 ρ は大気密度であり、 v はエアクリーナ 11 を通過する空気の流速であり、 G_a はエアクリーナ 11 を通過する空気の流量であり、 k は v と G_a の比例係数である。標準大気密度 ρ_0 と、標

準大気密度 ρ_0 を現在の大気密度 ρ へ変換するための圧力補正係数 e_{kpa} 及び温度補正係数 e_{ktha} とを使用すれば、式(3)は式(3)'のように置き換えることができる。さらに、式(3)'は、流量 G_a だけを変数とする関数 $f(G_a)$ を使用して式(3)''のように置き換えることができる。

式(3)''は、現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を表す式(4)のように変形することができる。式(4)において、現在の流量 $G_{a(i)}$ は、エアクリーナ11の直下流側にエアフローメータが設けられている場合には、このエアフローメータにより検出することができる。また、圧力補正係数 e_{kpa} は、検出される現在の大気圧により設定可能であり、温度補正係数 e_{ktha} は、検出される現在の大気温度により設定可能である。

また、式(4)において、エアクリーナ11を通過する空気の流量 $G_{a(i)}$ は、スロットル弁通過空気量 m_t と考えることができ、式(4)は式(4)'のように変形することができる。但し、式(1) (又は式(1)''') において説明したように、現在のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出するためには現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ が必要であるために、現在の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ を算出するには、スロットル弁通過空気量として前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ を使用せざるを得ない。

次いで、吸気弁をモデル化する。気筒内へ供給される吸入空気量 $m_{c(i)}$ (g/sec) は、下流側吸気圧、すなわち、吸気管圧力 $P_{m(i)}$ に基づきほぼ線形に変化するものであるために、次式(5)に示す一次関数によって表すことができる。

$$m_{c(i)} = \frac{T_{a(i)}}{T_{m(i)}} \cdot (a \cdot P_{m(i)} - b) \quad \dots (5)$$

ここで、 $T_{m(i)}$ はスロットル弁下流側の吸気温度 (K) であり

、a 及び b は一次関数を特定するためのパラメータである。b は気筒内の残留既燃ガス量に相当する値であり、バルブオーバーラップがある場合には、吸気管へ既燃ガスが逆流するために、b の値は無視できないほど増加する。また、バルブオーバーラップがある場合において、吸気管圧力 P_m が所定圧力以上である時には、吸気管圧力が高いほど既燃ガスの逆流が顕著に減少するために、所定値以下である時に比較して、a の値は大きくされると共に b の値は小さくされる。

このように、吸入空気量 m_c を算出するために使用される一次関数は、内燃機関毎に異なるものであると共に機関運転状態によっても変化するものである。それにより、内燃機関毎及び機関運転状態毎にパラメータ a, b をマップ化しておくことが好ましい。

次いで、吸気管をモデル化する。吸気管内に存在する吸気の質量保存則、エネルギー保存則、及び、状態方程式を使用して、吸気管圧力 P_m とスロットル弁下流側の吸気温度 T_m との比における時間変化率は次式(6)によって表され、また、吸気管圧力 P_m の時間変化率は次式(7)によって表される。ここで、V は吸気管の容積 (m^3)、すなわち、機関吸気系におけるスロットル弁下流側の容積であり、具体的には、吸気通路 4 の一部とサージタンク 2 と吸気枝管 3 との合計容積である。

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{P_m}{T_m} \right) = \frac{R}{V} \cdot (m_t - m_c) \quad \dots(6)$$

$$\frac{dP_m}{dt} = \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_t \cdot T_a - m_c \cdot T_m) \quad \dots(7)$$

式(6)及び式(7)は離散化され、それぞれ、次式(8)及び(9)が得られ、式(9)によって今回の吸気管圧力 $P_{m(i)}$ が得られれば、式(8)によって今回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i)}$ を得ることができる。

式(8)及び(9)において、離散時間 Δt は、吸入空気量 $m_{c(i)}$ を算出するためのフローチャート（図5）における実行間隔とされ、例えば 8 ms である。

$$\frac{P_m(i)}{T_m(i)} = \frac{P_m(i-1)}{T_m(i-1)} + \Delta t \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} - m_{c(i-1)}) \quad \dots(8)$$

$$P_{m(i)} = P_{m(i-1)} + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} \cdot (m_{t(i-1)} \cdot T_{a(i-1)} - m_{c(i-1)} \cdot T_{m(i-1)}) \quad \dots(9)$$

次に、図5に示すフローチャートを説明する。本フローチャートは、機関始動完了と同時に実行される。まず、ステップ101において、式(9)を使用して下流側吸気圧（吸気管圧力） $P_{m(i)}$ が算出される。式(9)において、前回の吸気管圧力 $P_{m(i-1)}$ （初期値は大気圧 P_a ）と、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ と、前回のスロットル弁より上流側の吸気温度 $T_{a(i-1)}$ と、前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ と、前回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i-1)}$ （初期値は上流側の吸気温度）とを使用して、今回の吸気管圧力 $P_{m(i)}$ を算出する。スロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(1)'''により算出され、吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ の初期値は、他の初期値を使用して式(5)により算出される。

次いで、ステップ102において、式(8)を使用して今回の吸気管内の吸気温度 $T_{m(i)}$ が算出される。次いで、ステップ103において、式(4)'を使用して、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づき上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出される。こうして、ステップ101において下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ が算出され、ステップ103において上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ が算出されれば、式(1)'''を使用して現在のスロットル弁開度 $T A_{(i)}$ に基づき現在のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することができる。

しかしながら、ステップ103において算出された今回の上流側

吸気圧 $P_{ac(i)}$ は、前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ に基づくものであるために、実際的には、前回の上流側吸気圧に近い値である。それにより、今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ と今回の上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ とは時間的に一致しておらず、これらの比に基づき関数 Φ を算出しても、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することはできない。

本フローチャートでは、正確なスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出するために以下の処理を実施する。まず、ステップ 104 では、次式(10)により前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ を算出する。式(10)は、式(1)'''において、前回値に近い上流側吸気圧 $P_{ac(i)}$ をそのままとして、スロットル弁開度、第1補正係数、第2補正係数、及び下流側吸気圧を前回値としたものである。こうして、式(10)により算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ は、前回のスロットル弁通過空気量の真値に近い値となる。

$$m_{t1(i-1)} = F(TA_{(i-1)}) \cdot k_{tha} \cdot k_{pac} \cdot \Phi(P_{m(i-1)}/P_{ac(i)}) \quad \dots(10)$$

前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ の算出には、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ が使用されているが、この下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出するのに使用された前前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-2)}$ の信頼性は高くなく、それにより、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ に基づき、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出し直すことが好ましい。それにより、ステップ 105 では、次式(11)を使用して、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ に基づき前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ を算出する。式(11)は、前述の式(9)とは異なり、スロットル弁通過空気量と、算出される下流側吸気圧とは同じ時刻としている。

$$P_{m(i-1)} = P_{m(i-2)} + \Delta t \cdot \kappa \cdot \frac{R}{V} (mt1_{(i-1)} \cdot Ta_{(i-1)} - mc_{(i-1)} \cdot Tm_{(i-1)}) \quad \dots(11)$$

こうして、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ が算出し直されれば、ステップ 106 では、式(8)を使用して前回の下流側吸気温度 $T_{m(i-1)}$ を算出し直し、ステップ 107 では、式(5)を使用して前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ を算出し直す。

次いで、ステップ 108 において、式(10)と同じ式を使用して、ステップ 105 において算出し直された前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ に基づき新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ を算出する。この $m_{t2(i-1)}$ の算出に際して、使用する上流側吸気圧 $P_{a c(i)}$ を $m_{t1(i-1)}$ を使用して算出し直しても良い。こうして算出された前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、さらに真値に近いものとなっている。

次いで、ステップ 109 では、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ と古い前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ との差が設定値 d より小さくなったか否かが判断され、すなわち、新たに算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ が十分に真値に収束したか否かが判断される。ステップ 109 における判断が否定される時には、ステップ 110 において、新たな前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、古い前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ とされ、ステップ 105 以降の処理が繰り返される。この時、ステップ 105 において、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t1(i-1)}$ だけでなく、前回の下流側吸気温度 $T_{m(i-1)}$ 及び前回の吸入空気量 $m_{c(i-1)}$ も真値に近づけられているために、算出される前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ もさらに真値に近づけられる。

ステップ 109 における判断が肯定されれば、この時の前回の仮

のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ は、殆ど真値となっている。それにより、この前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ と式(1)'''を使用して算出された前回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i-1)}$ との差は、式(1)'''を使用した場合の計算誤差を比較的正確に表すものとなる。従って、ステップ111において、式(1)'''を使用して算出した今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ は前述の差により補正され、それにより、正確な今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ を算出することができる。

この今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ の算出に使用する今回のスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ は、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対してスロットル弁の駆動装置（ステップモータ）の応答遅れ等が考慮されて推定される。

次いで、ステップ112では、ステップ101及び102により算出された今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ 及び今回の下流側吸気温度 $T_{m(i)}$ に基づき式(5)を使用して今回の吸入空気量 $m_{c(i)}$ を算出する。前述したようにして正確なスロットル弁通過空気量が算出されるために、これに基づき算出される下流側吸気圧が正確なものとなり、さらに、この下流側吸気圧に基づき算出される吸入空気量も正確なものとなる。次いで、フローチャートには示していないが、今回の下流側吸気圧 $P_{m(i)}$ 、今回の下流側吸気温度 $T_{m(i)}$ 、今回のスロットル弁通過空気量 $m_{t(i)}$ 、今回の吸入空気量 $m_{c(i)}$ 、及び今回の上流側吸気温度 $T_{a(i)}$ は、それぞれ前回値として記憶され、次のフローチャートの実施に備えられる。

図5に示すフローチャートでは、前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ を真値にかなり近づけるまで（ステップ109における判断が肯定されるまで）、前回の下流側吸気圧 $P_{m(i-1)}$ 及び前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m_{t2(i-1)}$ の算出を繰り返

すようにしたが、この繰り返し回数を予め設定するようにしても良い。また、ステップ105から110の処理を省略して、ステップ104において前回の仮のスロットル弁通過空気量 $m t 1_{(i-1)}$ が算出された後、直ぐにステップ111において今回のスロットル弁通過空気量 $m t_{(i)}$ を算出するようにしても良い。この場合において、ステップ111の式の $m t 2_{(i-1)}$ は $m t 1_{(i-1)}$ に置き換えて考えれば良い。

ところで、燃焼空燃比を正確に制御するためには、燃料噴射を開始する以前に気筒内への正確な吸入空気量を推定して、燃料噴射量を決定しなければならない。しかしながら、正確な吸入空気量を推定するためには、厳密には、吸気弁閉弁時における吸入空気流量を算出しなければならない。すなわち、燃料噴射量を決定する時ににおいて、現在の吸入空気量 $m c_{(i)}$ ではなく、吸気弁閉弁時における吸入空気量 $m c_{(i+n)}$ を算出しなければならない。これは、図1に示すような吸気枝管3に燃料を噴射する内燃機関だけでなく、吸気行程において筒内へ直接燃料を噴射する内燃機関においても同様である。

そのためには、現在において、現在のスロットル弁開度 $T A_{(i)}$ だけでなく、吸気弁閉弁時までの時間 Δt 毎のスロットル弁開度 $T A_{(i+1)}$ 、 $T A_{(i+2)}$ 、 \dots 、 $T A_{(i+n)}$ に基づき、式(1)'''において $T A$ を変化させ、各時間のスロットル弁通過空気量 $m t$ を算出することが必要となる。

各時間のスロットル弁開度 $T A$ は、現在の時間に対するアクセルペダルの踏み込み変化量に基づき、この踏み込み変化量が吸気弁閉弁時まで持続するとして、各時間のアクセルペダルの踏み込み量を推定し、それぞれの推定踏み込み量に対して、スロットル弁アクチュエータの応答遅れを考慮して決定することが考えられる。この方

法は、スロットル弁がアクセルペダルと機械的に連結されている場合にも適用することができる。

しかしながら、こうして推定される吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度 $TA_{(i+n)}$ は、あくまでも予測であり、実際と一致している保証はない。吸気弁閉弁時におけるスロットル弁開度 $TA_{(i+n)}$ を実際と一致させるために、スロットル弁を遅れ制御するようにしても良い。アクセルペダルの踏み込み量が増えた時に、アクチュエータの応答遅れによって、スロットル弁開度は遅れて変化するが、この遅れ制御は、このスロットル弁の応答遅れを意図的に増大させるものである。

例えば、機関過渡時において、燃料噴射量を決定する時における現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度が、吸気弁閉弁時に実現されるように、実際の応答遅れ（無駄時間）を考慮してスロットル弁のアクチュエータを制御すれば、現在から吸気弁閉弁時までの時間毎のスロットル弁開度 $TA_{(i)}$ 、 $TA_{(i+1)}$ 、 \dots 、 $TA_{(i+n)}$ を正確に把握することができる。さらに具体的に言えば、アクセルペダルの踏み込み量が増える時には、直ぐにアクチュエータへ作動信号を発するのではなく、燃料噴射量を決定する時から吸気弁閉弁時までの時間から無駄時間を差し引いた時間だけ経過した時にアクチュエータへの作動信号を発するようになるのである。もちろん、現在のアクセルペダルの踏み込み量に対応するスロットル弁開度を、吸気弁閉弁時以降に実現するようにスロットル弁の遅れ制御を実施しても良い。

こうして、本発明による内燃機関の吸入空気量推定装置によれば、スロットル弁通過空気量を算出するのに使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて吸気通路のスロットル弁上流側に配置された圧力センサにより測定さ

れ、又は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて算出されるようにしているために、上流側吸気圧として大気圧を使用する場合に比較して、算出されるスロットル弁通過空気量が正確なものとなり、このスロットル弁通過空気量を使用して算出される吸入空気量を正確なものとすることができる。

請 求 の 範 囲

1. スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、前記スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、前記スロットル弁通過空気量の算出に使用される前記上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出されることを特徴とする内燃機関の吸入空気量推定装置。

2. 今回の前記スロットル弁通過空気量を算出するために使用する今回の前記上流側吸気圧は、大気圧からエアクリーナの前記圧損を減算して算出され、前記圧損は、前記エアクリーナを通過する空気流量として、エアフローメータにより検出される吸入空気量又は前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出されることを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

3. 前記圧損を前回算出されたスロットル弁通過空気量を使用して算出することにより今回の前記上流側吸気圧を算出し、算出された前記今回の上流側吸気圧と今回の前記下流側吸気圧とを使用して今回の前記スロットル弁通過空気量が算出され、算出された前記今回のスロットル弁通過空気量は、前記今回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回の仮のスロットル弁通過空気量と、前回の上流側吸気圧と前回の下流側吸気圧とを使用して算出される前回のスロットル弁通過空気量との差により補正されることを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

4. 前記前回の仮のスロットル弁通過空気量が算出された時には、前記仮のスロットル弁通過空気量に基づき前回の下流側吸気圧を

算出し直すことを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

5. 前記スロットル弁通過空気量は、前記下流側吸気圧と前記上流側吸気圧との比と、スロットル弁の開口面積又は開度とに基づき算出されることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

6. 前記スロットル弁通過空気量は、前記開口面積又は前記開度だけを変数とする第一関数と、前記比を変数とする第二関数と、前記第一関数をスロットル弁より上流側の現在の吸気温度に基づき補正する第一補正項と、前記第一関数を現在の前記上流側吸気圧とに基づき補正する第二補正項との積によって算出されることを特徴とする請求項 5 に記載の内燃機関の吸入空気量推定装置。

要 約 書

スロットル弁より上流側の上流側吸気圧とスロットル弁より下流側の下流側吸気圧とを使用してスロットル弁通過空気量を算出し、スロットル弁通過空気量に基づき吸入空気量を推定する内燃機関の吸入空気量推定装置において、スロットル弁通過空気量の算出に使用される上流側吸気圧は、少なくとも大気圧に対するエアクリーナの圧損が考慮されて測定又は算出される。

Fig.1

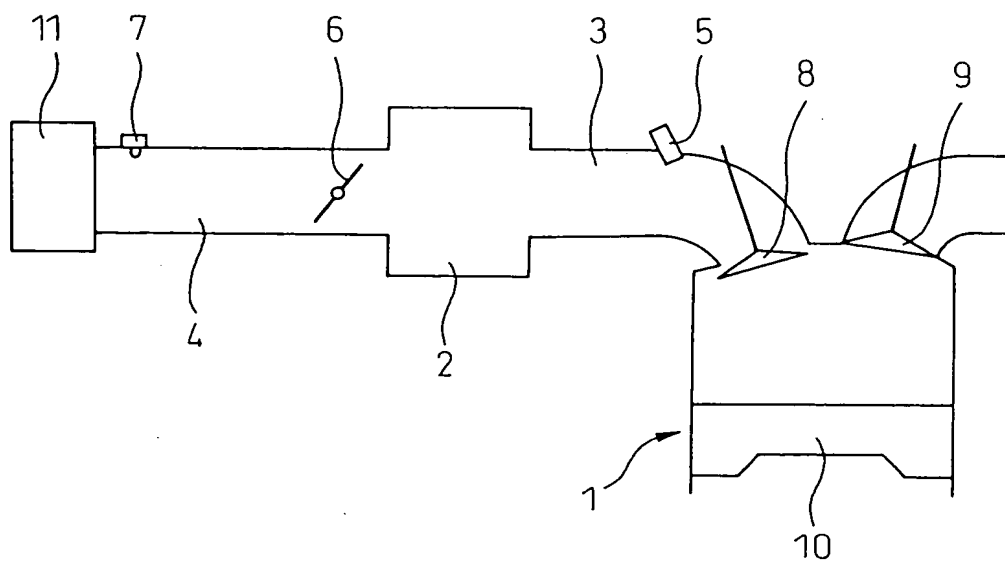


Fig.2

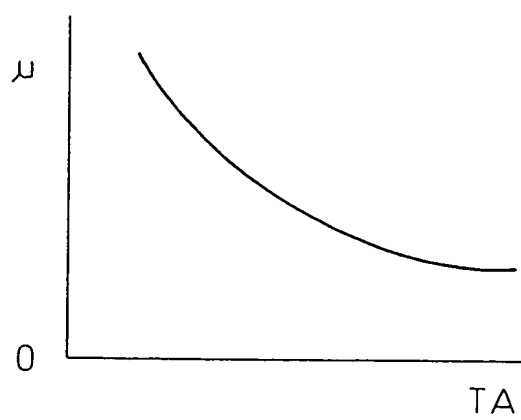


Fig.3

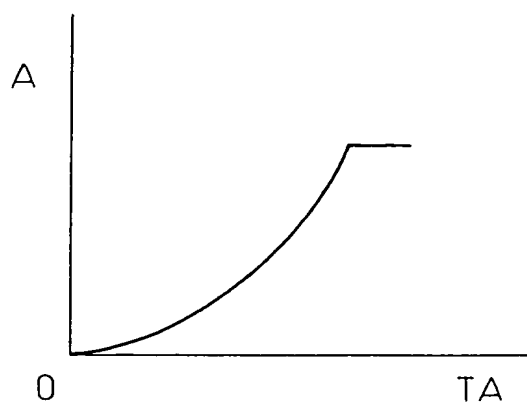


Fig.4

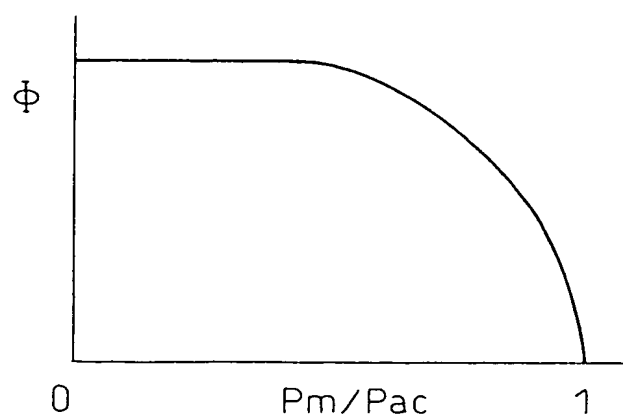
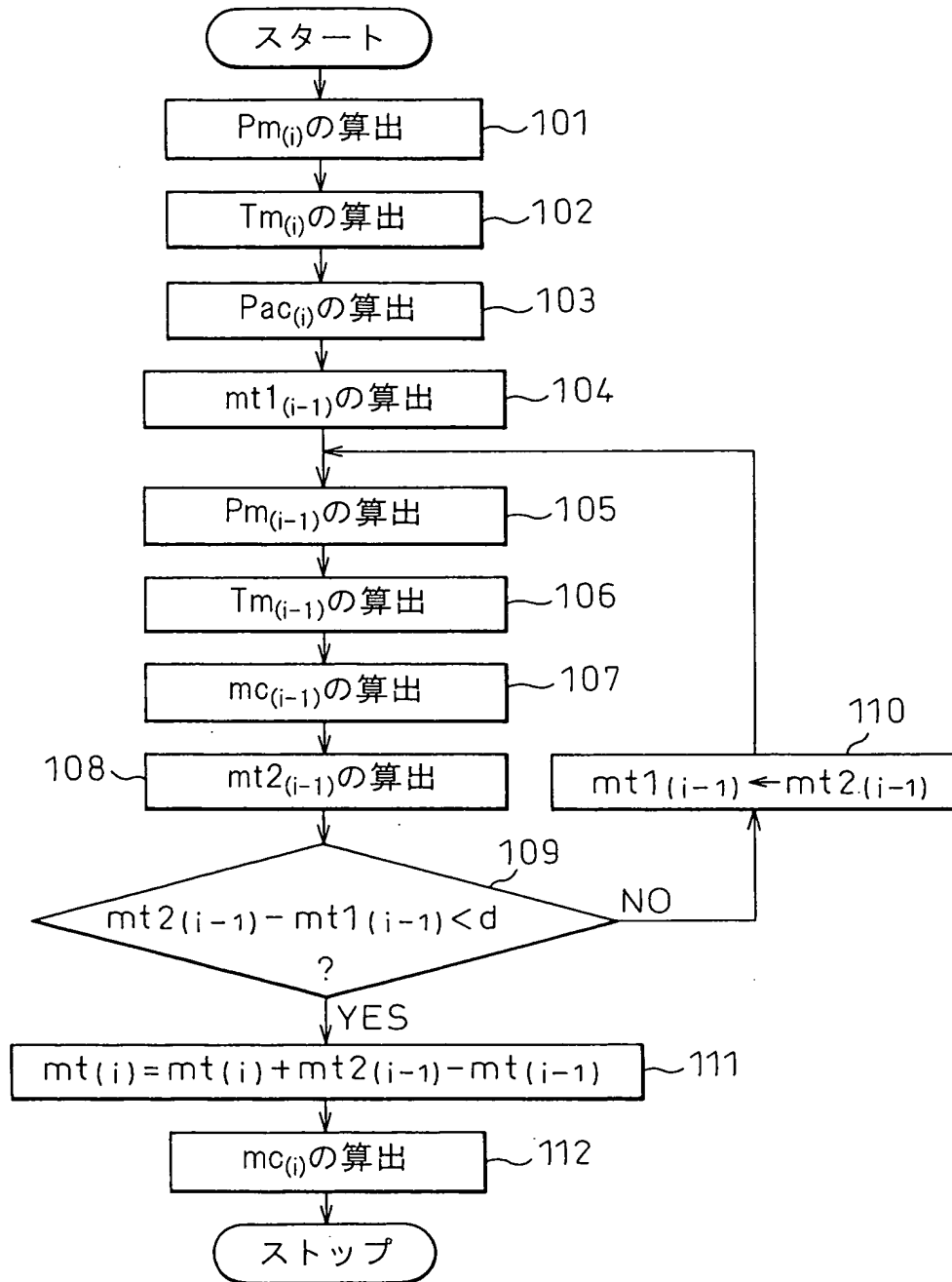


Fig.5



参照番号の一覧表

- 1 … 機関本体
- 2 … サージタンク
- 3 … 吸気枝管
- 4 … 吸気通路
- 6 … スロットル弁
- 7 … 圧力センサ
- 1 1 … エアクリーナ